

Universiteit Twente

Psychologie

Bachelorthese ILO

Begeleider: Ard Lazonder

2015 – 2016

Het voorbereiden van Kinderen op Onderzoek

Bachelor these met als
onderwerp een instructie in
Domeinkennis & CVS

Iris Meijlof | s1252364

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	1
Samenvatting	2
Abstract.....	2
Inleiding	3
Methode	6
Deelnemers	6
Materialen	6
Computersimulatie	6
CVS Instructie.....	7
Domeinkennis Instructie.....	8
CVS Test.....	8
Domeinkennistest	10
Procedure	11
Scoring CVS-test en Domeinkennistest	11
Data Analyse	12
Resultaten	13
Discussie	16
Referenties.....	20
Bijlagen.....	22
Bijlage 1: CVS instructie Format	22
Bijlage 2: Instructieformat Domeinkennisinstructie.....	24
Bijlage 3: Domeinkennis Instructie Werkblad	25
Bijlage 4: CVS-test Scoring & Instructies	27

Samenvatting

Onderzoekend leren is een instructiemethode waarbij kinderen zelf onderzoek doen om kennis en vaardigheden te verwerven. De voorbereiding van kinderen op onderzoekend leren is de focus van deze studie. Leerlingen zijn gebaat bij een voorbereiding waarin ze instructie krijgen over de CVS (Control of Variables Strategy) dan wel het onderwerp dat ze gaan onderzoeken. In deze Bachelor these wordt de relatieve effectiviteit van beide benaderingen vergeleken.

Deelnemers aan dit onderzoek waren 18 basisschoolleerlingen die willekeurig waren verdeeld over twee condities. Leerlingen in de ene conditie kregen Domeinkennis Instructie en leerlingen uit de andere conditie kregen CVS Instructie. Beide condities kregen een pre- en posttest over domeinkennis en de CVS. Ook werkten beide condities met een computersimulatie waarin geëxperimenteerd kon worden met de uitrekking van spiraalveren.

Uit de resultaten bleek dat de leerlingen uit beide condities even vaak systematisch experimenteerden. Daarnaast scoorden leerlingen uit de CVS instructie conditie een hogere leerwinst ten aanzien van de CVS posttest dan de leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie. Ook werd aangetoond dat leerlingen uit beide condities gelijk scoorden wat betreft de leerwinst op de Domeinkennis posttest. Als laatste werd er geen samenhang gevonden tussen het toepassen van CVS in de simulatie en de scores op de CVS posttest.

Abstract

Inquiry learning is an instructional method whereby children will investigate in order to increase knowledge and skills. The preparation of children for inquiry learning is the focus of the current study. Children could benefit from a preparation in which they receive instruction on either the CVS (Control of Variables Strategy) or the topic they will be investigating. This Bachelor thesis examined the relative effectiveness of both types of preparation.

Participants in this study were 18 elementary school children who were randomly assigned experimental conditions. Students in one condition received preliminary instruction in Domain knowledge whereas the other students received instruction in the CVS. Both conditions completed a domain knowledge pre- and posttest. In addition, both conditions also interacted with a computer simulation to investigate how far springs stretch.

Results showed that children in both conditions applied the CVS just as often. Also, children in the CVS instruction condition showed a learning gain with a higher score on the CVS posttest than the children in the Domain knowledge instruction condition. Children in both conditions also achieved comparable scores on the learning gain and Domain knowledge posttest. The correlation between the use of the CVS in the simulation and the CVS posttest was not significant.

Inleiding

Vanaf het moment dat een kind geboren is bekijkt het de wereld om zich heen. Kinderen proberen de wereld te begrijpen en leren door de wereld te onderzoeken (Berk, 2012). Dit is ook het doel van *onderzoekend leren*, namelijk het uitbreiden van kennis over de wereld (Zimmerman, 2007). De focus van deze studie ligt op de voorbereiding van kinderen op onderzoekend leren.

Onderzoekend leren is een instructiemethode waarbij kinderen kennis opbouwen door het stellen van vragen en deze zelf te onderzoeken. Waarbij Hmelo-Silver, Duncan en Chinn (2007) aangeven dat onderzoekend leren een sterke en effectieve manier van leren is. Dit kan verschillende doelen hebben: het vergroten van domeinkennis, de ontwikkeling van de verschillende soorten opvattingen, een betere beheersing van onderzoek vaardigheden en het bevorderen van een onderzoekende houding (Groof, 2012; Velthorst, Oosterheert, Brouwer & Techniek, 2011). Activiteiten die kenmerkend zijn voor onderzoekend leren in deze studie, zijn (1) het ontwerpen van een onderzoek en het uitvoeren hiervan, (2) het formuleren van verklaringen op basis van de data en het evalueren hiervan en (3) het geven en verantwoorden van de verklaringen op basis van de data (Minner, Levy & Century, 2010). Deze activiteiten zijn tamelijk veeleisend voor leerlingen. De mate waarin zij deze activiteiten succesvol kunnen uitvoeren, wordt mede bepaald door hun leeftijd, hun begrip van het geheugen en de aanwezigheid van goede ondersteuning (Zimmerman, 2007; Velthorst et al. 2011).

Een goede ondersteuning in de vorm van instructie is van belang, omdat er een aantal dingen bij kinderen tot uiting kunnen komen als het gaat om onderzoeken die in lijn liggen met deze studie, namelijk (1) de neiging bij kinderen om bewijs verkeerd te interpreteren of te verdraaien, (2) kenmerken van eerder vergaarde kennis zoals: soort, sterkte en relevantie die bepalend kunnen zijn in hoe nieuwe data beoordeeld wordt en of eventuele afwijkingen opgemerkt worden, (3) er sprake kan zijn van rationele of irrationele reacties op bewijs dat in strijd is met wat het kind eerder dacht, (4) betreffende het geheugen onbewust zijn van beperkingen hierin wat ervoor kan zorgen dat (5) kinderen niet-systematisch te werk gaan bij plannen, ontwerpen en uitkomsten van een onderzoek en (6) kinderen op metaniveau een langzame ontwikkeling laten zien wanneer het gaat over meta strategische competenties bij het begrip waarom en wanneer diverse strategieën in te zetten. (Chen & Klahr, 1999; Dean & Kuhn, 2007; Zimmerman, 2007; Velthorst et al. 2011; Rittle-Johnson, Schneider & Star, 2015).

Doordat een goede ondersteuning belangrijk is in het onderzoekend leren vormt dit dan ook de basis voor dit onderzoek in de vorm van twee soorten instructie. Waarbij deze Bachelor these zich richt op het aanbieden van domein-specifieke informatie, de Domeinkennis Instructie conditie en ondersteuning voor het bedenken en uitvoeren van systematische experimenten, de CVS Instructie conditie.

Een onderzoek waarin eerder een ondersteuning van de CVS is onderzocht, is dat van Chen en Klahr (1999). Hier werden de effecten onderzocht van directe of indirecte instructie op diverse strategieën voor het controleren van de variabelen in een experiment. Dit werd Control-of-Variables Strategy (CVS) genoemd. Deze strategie houdt in dat per experiment slechts één variabele verandert dient te worden en alle andere variabelen constant gehouden moeten worden. Hierbij is het bovendien belangrijk dat alleen die variabele veranderd wordt waarnaar onderzoek gedaan wordt. In de directe instructie conditie werd de CVS uitgelegd en gedemonstreerd; in de indirecte instructie conditie kregen de kinderen systematische hints tijdens het zelfstandig uitvoeren van experimenten. Uit de resultaten bleek dat kinderen significant meer kennis van de CVS ontwikkelen door het krijgen van directe instructie. Kinderen waren beter in staat om experimenten te ontwerpen die ervoor zorgden dat valide conclusies getrokken konden worden. Dit zorgde voor een verandering in de kennis hoe verschillende multivariabele causale systemen werkten. Kuhn, Black, Keselman en Kaplan (2000) geven aan dat het belangrijk is om een juist model te hebben over een domein met daarbij een meta strategisch begrip over het belang van het controleren van variabelen om uiteindelijk consistent gebruik te maken van een gecontroleerde vergelijkingsstrategie, zoals de CVS. Onderzoek van Klahr & Nigam (2004) ondersteunt dat kinderen leren van directe instructie.

Waar Chen en Klahr (1999) vooral gericht waren op instructie over het gebruik van de CVS, zouden kinderen ook beter kunnen (leren) experimenteren door het aanbieden van domein-specifieke informatie. Volgens Penner en Klahr (1996) omvat de ontwikkeling van onderzoek vaardigheden als eerste vorm domein-specifieke kennis (Penner & Klahr, 1996). De tweede vorm van instructie in deze studie. Deze veronderstelling komt uit de zogenaamde *bootstrapping* metafoor, die stelt dat de ontwikkeling van domeinkennis leidt tot een toename in het gebruik van effectieve strategieën. Het gebruik maken van goede strategieën ondersteunt daarop weer de toename van meer complete en accurate domeinkennis (Kuhn et al., 2000; Velthorst et al., 2011; Groof, 2012; Schneider, 2015; Rittle-Johnson et al., 2015). Waarmee Penner en Klahr (1996) doelen op domein-algemene procedures voor het genereren, beoordelen en integreren van kennis.

Schneider (2015) zegt dat domeinkennis een sterke determinant is van geheugen (één van de cognitieve processen waarin kinderen kunnen verschillen; Berk, 2012). Dit wordt eveneens ondersteund door Hambrick en Engle (2002) die aangeven dat domeinkennis een sterk faciliterend effect heeft op geheugen. Domeinkennis neemt gestaag toe vanaf de kindertijd en draagt onder andere bij aan de ontwikkeling van strategieën en metacognitieve kennis (Schneider, 2015).

Wanneer er sprake is van het oplossen van problemen blijkt dat personen met minder voorkennis derhalve minder goede strategieën kiezen en minder efficiënt een probleem

oplossen. Het aanbieden van informatie over een domein is effectief in het compenseren voor een lager niveau van voorkennis over een bepaald onderwerp. Het aanbieden van informatie over een domein alvorens iets onderzocht wordt werkt voordelig op het leerproces (Lazonder, Wilhelm & van Lieburg, 2009). Dit werd eveneens ondersteund door onderzoek van Lazonder, Hagemans & De Jong (2010) waarbij werd aangetoond dat studenten die uitleg kregen over een domein meer kennis verkregen en effectiever experimenteerden door hypothesen te toetsen dan studenten die geen uitleg kregen. Onjuiste of gedeeltelijke informatie kan zelfs betekenen dat het leerproces belemmerd wordt. Voor het uitvoeren van onderzoek is het belangrijk om op zijn minst een rudimentair begrip te hebben van het onderzochte domein. Een oplossing die positief lijkt te zijn hiervoor is het aanbieden van genoeg informatie om zo efficiënt en effectief mogelijk over het domein te leren en om het te kunnen onderzoeken (Lazonder et al., 2010).

Samengevat lijken er dus twee manieren te zijn om het gebruik van de CVS te verbeteren. De eerste manier betreft ondersteuning van de CVS zelf, bijvoorbeeld door directe instructie voorafgaand aan het experimenteren of hints tijdens het experimenteren. Wanneer deze instructie effectief is, leidt dit tot meer betekenisvolle experimenten waaruit 'correcte' domeinkennis kan worden afgeleid. Bij de tweede manier wordt de omgekeerde weg bewandeld: door eerst de domeinkennis te vergroten, vergroot ook de kans dat op een systematische manier wordt geëxperimenteerd, wat vervolgens weer leidt tot de ontwikkeling van nieuwe domeinkennis.

In het huidige onderzoek is de effectiviteit van deze beide manieren vergeleken bij kinderen uit de bovenbouw van het basisonderwijs. De kinderen gingen aan de slag met een computersimulatie waarmee ze de uitrekking van spiraalveren konden onderzoeken. Voorafgaand aan het werken met de simulatie kregen de kinderen uit de CVS Instructie conditie directe instructie over het gebruik van (CVS) strategieën bij het uitvoeren van een experiment. Kinderen uit de Domeinkennis Instructie conditie kregen directe instructie over de kenmerken van de veren en gewichten uit de simulatie ter verhoging van hun domeinkennis.

De hypothesen waar in dit onderzoek naar gekeken wordt, zijn als volgt:

H_{a1}: Leerlingen in de CVS Instructie conditie doen evenveel systematische experimenten als leerlingen in de Domeinkennis Instructie Conditie

H_{a2}: Leerlingen in de CVS Instructie condities scoren hoger op de CVS posttest dan leerlingen in de Domeinkennis Instructie Conditie.

H_{a3}: Leerlingen in de CVS Instructie conditie scoren gelijk met de leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie op de Domeinkennis Posttest.

H_{a4}: Er bestaat een positief verband tussen de hoeveelheid systematische experimenten en de score op de CVS posttest.

Methode

Deelnemers

Dit onderzoek is uitgevoerd met 18 kinderen van een basisschool. Elf kinderen zaten in groep 7 en de overige 8 kinderen in groep 8. De gemiddelde leeftijd was 11.33 jaar ($SD = 0.686$). De kinderen uit elke groep zijn willekeurig verdeeld over de beide condities. De CVS Instructie conditie bestond uit 10 leerlingen (6 uit groep 7 en 4 uit groep 8) met een gemiddelde leeftijd van 11.50 jaar ($SD = 0.756$). De Domeinkennis Instructie conditie bevatte 5 kinderen uit groep 7 en 3 kinderen uit groep 8; hun gemiddelde leeftijd was 11.13 jaar ($SD = 0.641$). In elke conditie zitten zowel kinderen uit groep 7 als 8 om de verdeling zo eerlijk mogelijk te maken. Op deze manier kunnen verschillen in leerprocessen en leeruitkomsten alleen verklaard worden door de vorm van instructie die de kinderen ontvingen en niet door andere factoren die een rol kunnen spelen bij het krijgen van instructie of het werken met de simulatie.

Materialen

Computersimulatie

Tijdens het onderzoek werkten de leerlingen met een computersimulatie over veren en gewichten die is weergegeven in Figuur 1. De taak die hen hierbij gegeven werd was om uit te zoeken waarvan de uitrekking van een spiraalveer afhankelijk is. De computersimulatie werd gebruikt na het ontvangen van CVS Instructie en Domeinkennis Instructie. De kinderen konden de gewichten aan de veren hangen en bekijken wat er vervolgens gebeurt. De veren verschilden in de dimensies lengte (lang – kort), breedte (breed – smal) en draaddikte (dik – dun). Bijvoorbeeld een veer die dik – breed – lang is en een veer die dun – smal – kort is. Per experiment konden twee veren opgehangen worden en daaraan konden twee gelijke gewichten worden bevestigd. Welke veer gekozen werd, was geheel aan het kind zelf.



Figuur 1: *Veer en Gewicht Simulatie*

De simulatie is visueel en wordt ondersteund door audio wanneer een veer en een gewicht opgehangen worden en wanneer de kinderen op een knopje klikken.

De stappen die de kinderen zetten in de simulatie worden opgeslagen in logfiles: het kiezen van een veer, gewicht, start, opnieuw, stop enzovoort. Met **start** werd de simulatie gestart alsmede het verzamelen van logs. De kinderen konden dan bekijken welke veer het meest rekt. Daarnaast kon er op de knop **opnieuw** gedrukt worden om een volgend experiment op te zetten met een andere combinatie van veren en gewichten. En als laatste is er de knop **stop**. Hiermee werd de simulatie afgesloten en de logs opgeslagen in een logfile. De simulatie werd gedraaid vanaf een usb stick waarop ook de logfiles opgeslagen werden.

CVS Instructie

De CVS Instructie werd gegeven met een simulatie over rollende ballen (zie Bijlage 1). Ten eerste werd een experiment uitgevoerd en werd er besproken waarom dit experiment wel of niet goed ontworpen is om de vraag te beantwoorden. Daarna werd stapsgewijs uitgelegd hoe een goed experiment ontworpen wordt. Zoals het eerst bepalen waarover je iets wilt weten, ofwel het onderwerp. Daarna werd de waarde gekozen, bijvoorbeeld een zware of lichte bal. Ook werd als laatste uitgelegd dat het heel erg belangrijk is dat de omstandigheden waaronder het experiment wordt uitgevoerd steeds gelijk zijn en dat alleen het onderwerp (waarover je wat wilt weten) en de waarde (waarmee je het onderwerp gaat onderzoeken) mag veranderen. Op deze manier leerden de kinderen stapsgewijs wat belangrijk is bij het ontwerpen van een experiment waarmee de vraag beantwoord kan worden.

De CVS instructie werd gegeven met een simulatie van een ander onderwerp dan veren en gewichten zodat de focus daadwerkelijk ligt op het ontwikkelen van de CVS-strategie en niet op het onthouden en herkennen van de stappen die gezet werden en kunnen worden in de simulatie. Daarnaast is het belangrijk dat de kinderen door de CVS instructie geen domeinkennis opdoen over de veren en gewichten. Op deze manier werd uitgesloten dat een kind naast uitleg over de CVS ook uitleg over kennis over de kenmerken van veren zou kunnen opdoen.

Domeinkennis Instructie

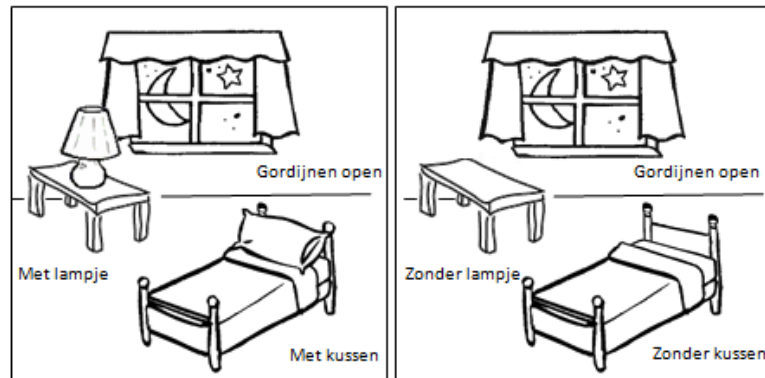
De Domeinkennis Instructie (Bijlage 2) richtte zich op het activeren en verhogen van de kennis over de uitrekking van veren. Hiervoor werden veren gebruikt die ook in de simulatie voorkwamen, zoals veren die dik, dun, lang, kort, smal en breed zijn. De kinderen kregen de kans om de veren te bekijken, te voelen, uit te rekken enzovoort. Op deze manier maakten zij kennis met de kenmerken van de soorten veren. Ten eerste kregen de kinderen per kind de verschillende veren aangeboden, daarna werd per kind een werkblad uitgedeeld. Op dit werkblad (Bijlage 4) konden de kinderen opschrijven wat de kenmerken van de veren waren (Voorbeeld: *Schrijf de kenmerken op van de veren; Wat is het verschil tussen de veren?; Waarvoor kunnen de veren gebruikt worden?*). De eerste twee vragen op het werkblad waren bedoeld om de kinderen goed te laten kijken naar wat de kenmerken en verschillen zijn. De laatste vraag was een extra vraag om te kijken of de kinderen het gebruik van een veer kennen. Op deze manier werd het onderwerp 'veren' minder abstract voor de kinderen en kon ervoor gezorgd worden dat de kenmerken beter onthouden worden. De antwoorden op het werkblad werden klassikaal besproken om de kinderen een extra kans te geven niet eerder bedachte/genoemde antwoorden te leren. De antwoorden werden op het bord geschreven in de vorm van een woordweb. Deze informatie zorgde ervoor dat de kinderen meer kennis kregen van de kenmerken van de veren. Belangrijk in deze instructie was dat de kinderen de opdracht kregen om uit te zoeken wat de invloed van de verschillen tussen de veren is op hoever een veer kan uitrekken, bijvoorbeeld of het uitmaakt of een veer lang is of kort. (Welke veer rekt het meest?). Hierbij werd dus wel gebruik gemaakt van het onderwerp uit de simulatie, maar geen aandacht besteed aan het systematisch experimenteren.

CVS Test

Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een pre-test en een post-test voor de CVS. De pre-test was bedoeld om te bekijken hoe de kinderen scoren op de CVS alvorens de instructie werd aangeboden. De post-test werd gebruikt om te kunnen bepalen of de instructie een effect heeft gehad op het CVS-gebruik. De kinderen werden bij de pre-test door middel van een voorbeeldvraag (zie Figuur 2) begeleid in de procedure voor het beantwoorden van de vragen, zodat zij wisten wat ze moesten doen. Er werd namelijk uitgelegd dat bij deze vragen werd aangegeven wat iemand wilde weten. Daarna werd een ontwerp van een experiment weergegeven die de waarde en condities liet zien. De kinderen werden vervolgens gevraagd of dit een goede test is om de vraag te kunnen beantwoorden. Wanneer het antwoord op de vraag Nee was, wordt het kind gevraagd om de plaatjes zodanig te veranderen dat het wel een goede test wordt.

Vraag 1

Henk kan soms niet goed slapen.
Hij wil weten of dat komt door zijn kussen.
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft onderzocht.



Is dit een goede test? Weet Henk straks zeker of zijn kussen iets uitmaakt voor hoe goed hij slaapt? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

De CVS test bestond uit 9 vragen die verdeeld waren over 3 domeinen, namelijk Limonade, Planten en Vliegtuigjes. Per domein waren er 3 vragen waarin steeds twee situaties werden beoordeeld. In één van de vragen werd een systematisch experiment weergegeven en in de andere twee vragen werd geen systematisch experiment weergegeven. Bij de laatste twee vragen kon sprake zijn van 3 soorten fouten, namelijk (1) behalve de doelvariabele wordt nog 1 andere variabele veranderd, (2) er worden naast de doelvariabele nog twee andere variabelen veranderd en (3) er wordt maar 1 variabele veranderd, maar dat is niet de doelvariabele (Bijlage 3). Deze fouten kwamen elk 2 keer voor en waren random verdeeld over de domeinen.

De post-test was ten opzichte van de pre-test zodanig veranderd dat de volgorde van de domeinen zelf is veranderd en ook de volgorde van de vragen binnen de domeinen werd veranderd. Op deze manier werd de kans zo klein mogelijk gemaakt dat leerlingen zich hun antwoorden van de pre-test zouden herinneren.

Domeinkennistest

De domeinkennistest is voor zowel een pre- als een post-test.

Deze test bestond uit 4 vragen waarbij de kinderen werd gevraagd of diverse kenmerken invloed hebben op hoe lang een veer uitrekt (zie Figuur 3). De kenmerken die in de vier vragen naar voren komen zijn een *lange* of *korte*, *dikke* of *dunne*, *elastisch* of *niet-elastische*, *brede* of *smalle* veer.

Kruis bij de vragen *ja* of *nee* aan als jij denkt dat iets *wel* of *niet* wat uitmaakt of een veer *wel* of *niet* lang uitrekt.

Vraag 1:

Maakt het uit of een veer *lang* of *kort* is wanneer je het gewicht er aan hangt?

☐

Nee, dat maakt *niet* uit voor hoever een veer uitrekt.
(Je mag nu door met **vraag 2**)

☐

Ja, dat maakt *wel* uit voor hoever een veer uitrekt.

Omcirkel het goede antwoord:

Een lange veer **REKT VERDER / MINDER VER** uit dan een korte veer.

Figuur 3: Voorbeeldvraag Domeinkennis test

Ook werd de kinderen de manier van antwoorden uitgelegd. Op deze manier kon de score op de pre-test vergeleken worden met de juiste post-test. Als post-test voor de domeinkennis werd de kinderen dezelfde test gegeven als pre-test, dit om te bekijken of ze aan het einde van het onderzoek meer juiste antwoorden op de vragen konden geven die betrekking hadden op of de kenmerken van de veer uitmaken hoe ver een veer uitrekt.

Voor deze test gold eveneens dat de volgorde van de vragen in de post-test veranderd was ten opzichte van de pre-test. Ook hier werden de eerste en de laatste vraag verplaatst, opdat het primacy en recency effect zoveel mogelijk voorkomen kon worden.

Procedure

Vooraf is aan de lerares uitgelegd wat voor een soort onderzoek het was en wat er nodig was om het goed uit te kunnen voeren. Bij het eerste bezoek aan de klas is de leerlingen verteld wat hen te wachten stond; daarna werden de beide pre-testen afgenomen. Alvorens de test gemaakt werden demografische gegevens verzameld. Dit gebeurde een week voordat de instructie in domeinkennis en de CVS werd gegeven. De tijd tussen de pre-test en de twee condities werd zo gekozen, zodat de kinderen niet op één dag belast werden met instructies en 2 verschillende testen. Op deze manier werd een situatie gecreëerd waarbij de aandacht van de kinderen zo goed mogelijk benut kon worden.

Op de dag van de instructie werd eerst al het materiaal klaar gelegd. De simulatie was een aantal dagen van tevoren op twee computers getest om na te gaan of de usb sticks goed functioneerde en de logfiles juist werden opgeslagen. Op de dag zelf werd dit nogmaals getest op de computers die aanwezig waren in het klaslokaal. Vervolgens werd de klas in tweeën gedeeld. De ene groep kreeg klassikaal CVS Instructie en de andere helft kreeg klassikaal Domeinkennis Instructie. Als eerste werd de Domeinkennis Instructie aangeboden; dit nam ongeveer 40 minuten in beslag. Vervolgens ging deze groep met de simulatie aan de slag, dit nam maximaal 20 minuten in beslag. Bij deze groep bleken echter twee computers na verloop van tijd de simulatie minder goed uit te voeren, waardoor de simulatie in de eerste groep ongeveer 5 minuten langer duurde dan bij de tweede groep. Als laatste kreeg deze groep de CVS en Domeinkennis post-test. Hierna mocht deze groep weer terug naar de klas en kon de volgende groep de CVS instructie krijgen. Ook dit nam ongeveer 40 minuten in beslag. Hierna ging deze groep eveneens bezig met de simulatie, hier deed deze groep ook ongeveer 15 minuten over. Om het af te sluiten kreeg deze groep ook de beide post-testen.

Scoring CVS-test en Domeinkennistest

De CVS-test bestond uit 9 vragen die met ja of nee beantwoord konden worden. De interbeoordelaars overeenstemming (Cohens Kappa) voor de CVS pre-test was .750 en voor de post-test .872. Dit duidt op een substantiële, respectievelijk bijna perfecte overeenkomst (Sim & Wright, 2005). Bij antwoorden met *ja* waren geen verdere acties gevraagd. Wanneer er met *nee* geantwoord werd, moest de leerling een verandering aanbrengen in de situatie waardoor het wel een systematisch experiment werd. Deze extra actie was toegevoegd om meer zeker te kunnen zijn van dat het antwoord gegeven door de leerling niet voorkomt uit toevallig het goede antwoord aankruisen, maar dat er sprake is van dat de leerling het begrijpt en beheerst. De maximale score op de test was 15 punten. In totaal konden de leerlingen voor de juiste ja/nee antwoorden 9 punten krijgen en voor de juiste verbetering kon 1 extra punt verdiend worden. Die extra punt werd echter alleen gegeven als alle verbeteringen (in het geval er meer dan 1

verbetering nodig was), correct waren. Dit omvatte in totaal 6 punten en vandaar dat de maximale score $9 + 6 = 15$ was.

De Domeinkennistest bestond uit 4 vragen waarin elke vraag een ander aspect van de veren bevatte. Voor het correct beantwoorden van de ja/nee vraag werd 1 punt gegeven, daarnaast kon een extra punt verdiend worden voor een juist antwoord op de toelichting. Hierdoor kon de leerling dus maximaal 8 punten scoren op de domeinkennistest.

De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid (Cohens Kappa) voor de Domeinkennis pre-test was .764 en voor de Domeinkennis posttest .662. In beide gevallen betreft dit een substantiële overeenkomst (Sim & Wright, 2005).

Data Analyse

Voor de data analyse van de vier eerder genoemde hypothesen werd een SPSS bestand aangemaakt. Hierin werden de data van de leerlingen verwerkt, met onder andere de scoring op de pre- en posttest voor zowel de CVS als de Domeinkennis. Hieruit werden twee nieuwe variabelen aangemaakt, namelijk CVS leerwinst en Domein leerwinst. Dit werd gedaan door de score op de CVS en Domeinkennis posttest af te trekken van de score op de CVS en Domeinkennis pre-test. Op deze manier kon bekeken worden of de posttest CVS en Domeinkennis een hogere of lagere score had dan de pre-test CVS en Domeinkennis. Deze variabele werd gebruikt voor de tweede en derde hypothese. Een positieve waarde staat voor een toename en een negatieve waarde voor een afname. Ook werd bekeken of er een verschil was tussen de condities op de CVS en Domeinkennis pre-test.

Daarnaast werd voor de logfiles allereerst gekeken naar het aantal experimenten dat uitgevoerd werd door de leerlingen. Daarbij is gekeken naar het aantal keren dat een leerling *run simulation* drukte. Echter bleek dat een aantal leerlingen meerdere keren op de knop *run simulation* hadden gedrukt, waardoor er specifiek per experiment werd bekeken of er sprake was van een experiment (daarbij moet gedacht worden aan twee soorten veren, één aan de linker- en één aan de rechterhaak plus de bijbehorende gewichten en dus *run simulation*). Hierdoor werd het aantal experimenten gereduceerd naar het daadwerkelijke aantal experimenten. Binnen deze experimenten werd gekeken naar in hoeverre een leerling de CVS toepaste. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen een *directe* toepassing van de CVS en een *indirecte* toepassing van de CVS. Dit werd gedaan omdat uit het analyseren van de logfiles bleek dat een aantal leerlingen bij elk nieuw experiment eenzelfde spiraalveer als uitgangspunt namen om de andere spiraalveren mee te vergelijken (de *directe* toepassing CVS) en er een aantal leerlingen was die bij elk nieuw experiment een andere spiraalveer als uitgangspunt namen, maar wel een vorm liet zien van CVS waarin twee dimensies van de veer gelijk waren en één dimensie verschilde (dun – breed – kort vergeleken met dun – breed – lang; de *indirecte* toepassing CVS). Bij een aantal leerlingen kwam zowel een directe als indirecte toepassing CVS

voor. Vervolgens werd het percentage berekend voor het aantal keer uitvoeren van CVS (direct en indirect) ten opzichte van het totaal aantal experimenten.

Een descriptieve analyse werd uitgevoerd om het gebruik van de verschillende veren in de simulatie overzichtelijk te maken. Non-parametrische tests werden uitgevoerd voor de vier hypothesen omwille van een relatief laag aantal deelnemers ($n = 18$). Voor de eerste drie hypothesen werd een Mann-Whitney U test uitgevoerd op basis van de twee onafhankelijke groepen en voor de vierde hypothese werd een Spearman's Rho berekend om de samenhang non-parametrisch te kunnen toetsen. Voor Spearman's Rho geldt een $\rho = .00 - .20$ als verwaarloosbaar, een $\rho = .21 - .40$ als zwak, een $\rho = .41 - .60$ als matig, een $\rho = .61 - .80$ sterk en een $.81 - 1.00$ als zeer sterk (Prion & Haerling, 2014).

Resultaten

Het gebruik van de soorten veren in de simulatie en de toepassing van de CVS zijn in Tabel 1 en 2 terug te vinden. Het overzicht in Tabel 1 is om inzicht te geven in hoe vaak een dimensie van een veer maximaal gebruikt is per leerling (*Maximum*) en hoe vaak een dimensie in totaal gebruikt is. Er is te zien dat de veer *dun breed lang* het meest werd gebruikt en de veren *dik breed kort* en *dik smal kort* het minst.

Tabel 1. *Descriptieve analyses diverse dimensies veren in de computersimulatie*

Dimensie Veer	Minimum ($n = 18$)	Maximum ($n = 18$)	Totaal ($n = 18$)	Gemiddeld ($n = 18$)
Dun Breed Lang	0	6	31	1.72
Dun Breed Kort	0	6	25	1.39
Dun Smal Lang	0	3	29	1.61
Dun Smal Kort	0	3	19	1.06
Dik Breed Lang	0	4	28	1.56
Dik Breed Kort	0	4	15	0.83
Dik Smal Lang	0	2	16	0.89
Dik Smal Kort	0	2	15	0.83

Tabel 2. *Descriptieve analyse voor de toepassing van de CVS in de CVS Instructie Conditie en de Domeinkennis Instructie Conditie*

CVS	Domeinkennis Instructie Conditie ($n = 8$)	CVS Instructie Conditie ($n = 10$)
Totaal Aantal Direct CVS	23	12
Totaal Aantal Indirect CVS	22	19
CVS Toegepast (%)	68.75 ($SD = 35.80$)	56.83 ($SD = 44.77$)

In Tabel 2 is weergegeven in hoeverre er sprake is van een toepassing van de CVS aangegeven door middel van percentages voor beide condities. Daaruit kan opgemaakt worden dat de Domeinkennis Instructie conditie gemiddeld vaker de CVS toepaste dan de leerlingen uit de CVS Instructie conditie. Er waren meer leerlingen uit de CVS instructie conditie waarbij geen sprake was van het toepassen van CVS, namelijk drie leerlingen met 0.0% ten opzichte van één leerling uit de Domeinkennis instructie conditie met een toepassing van 0.0%. Wel is het zo dat er 4 van de 10 leerlingen zijn met een perfecte toepassing van de CVS in de CVS Instructie conditie (40.0%) ten opzichte van 3 van de 8 leerlingen uit de Domeinkennis instructie Conditie (37.5%). Daarnaast geeft Tabel 2 weer hoe vaak er sprake was van een toepassing van de CVS op een directe en indirecte manier. Voor de beide condities ten opzichte van elkaar kan opgemaakt worden dat de leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie zowel vaker een toepassing van een directe als indirecte CVS lieten zien.

Als eerste werd de hypothese getoetst dat leerlingen in de CVS Instructie conditie net zo vaak een systematisch experiment zouden uitvoeren als de leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie. Dit werd gedaan aan de hand van een Mann-Whitney U test. Hieruit bleek dat het percentage waarmee CVS toegepast werd in de Domein Instructie conditie weliswaar hoger was dan in de CVS instructie conditie, maar dat dit verschil niet significant was, $U = 35.500$, $z = -.414$, $p = .679$. Leerlingen uit de CVS instructie conditie gebruikten de CVS dus niet vaker dan leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie.

Vervolgens werd bekeken of er een verschil was tussen de beide condities wat betreft de scores op de pretesten. Door een Mann Whitney U test uit te voeren werd aangetoond dat er voor beide pretesten geen significant verschil gevonden werd. Voor de Domeinkennis pre-test staat een $U = 28.500$ met $z = -1.099$ en een $p = .272$. De CVS pre-test heeft een $U = 37.000$ met $z = -.269$ en een $p = .788$. De leerlingen uit beide condities haalden dus dezelfde score op de beide pretesten.

De tweede hypothese werd bekeken door een Mann Whitney U test uit te voeren. Hier werd bekeken in hoeverre leerlingen in de CVS Instructie conditie hoger scoorden ten opzichte van de leerlingen in de Domeinkennis Instructie conditie op de CVS posttest door middel van de leerwinst. Tabel 3 laat een hogere gemiddelde score op de CVS posttest zien voor de CVS Instructie conditie dan voor de Domeinkennis Instructie conditie. Voor beide condities is te zien dat het gemiddelde op de CVS posttest hoger is dan op de pre-test. De CVS Instructie conditie laat een hoger gemiddelde leerwinst zien van $M = 4.30$ met $SD = 3.57$ ten opzichte van de Domeinkennis Instructie conditie met een $M = 1.00$ met $SD = 2.14$. Na het uitvoeren van een Mann-Whitney U test blijkt het verschil hier significant te zijn met een $U = 17.000$, $z = -2.055$, $p = .040$. Leerlingen uit de CVS Instructie conditie laten dus een hogere leerwinst zien dan de

leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie. Dit betekent dat deze leerlingen dus meer geleerd hebben over de CVS.

Tabel 3. *De gemiddelde score op de Domeinkennis pre- en posttest en de CVS pre- en posttest*

Soort Test	Domeinkennis Instructie Conditie (<i>n</i> = 8)		CVS Instructie Conditie (<i>n</i> = 10)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Domeinkennis Pre-Test	4.00	0.53	3.50	1.58
Domeinkennis Posttest	5.75	1.28	5.00	2.21
Domeinkennis Leerwinst	1.75	1.17	1.50	1.90
CVS Pre-Test	5.50	2.67	5.90	2.64
CVS Posttest	6.50	3.16	10.20	4.47
CVS Leerwinst	1.00	2.14	4.30	3.57

Voor de derde hypothese werd eveneens een Mann Whitney U test uitgevoerd, maar ditmaal om te bepalen in hoeverre leerlingen in de CVS Instructie conditie gelijk scoorden met de leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie op de Domeinkennis Posttest eveneens door middel van de leerwinst. Gemiddeld scoorden de leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie met 5.75 hoger op de Domeinkennis posttest en laten een $M = 1.75$ met $SD = 1.17$ voor de leerwinst zien. Waar leerlingen uit de CVS Instructie conditie een gemiddelde score op de posttest laten zien van 5.00 en voor de leerwinst een $M = 1.50$ met $SD = 1.90$ laten zien. Uit de toets resulteerde een $U = 37.500$, $z = -.227$, $p = .821$, wat betekent dat er geen significant verschil aangetoond kan worden tussen de beide condities. Dit houdt in dat de leerlingen uit de beide condities gelijk scoorden op de Domeinkennis Posttest wat betreft de leerwinst.

Voor de vierde en laatste hypothese werd de samenhang berekend tussen het toepassen van CVS in de computersimulatie en de score op de CVS posttest. Omwille van het lage aantal deelnemers ($n = 18$) werd ook hier een non parametrische test uitgevoerd en in dit geval een correlatie berekend, namelijk de Spearman's Rho. Hieruit bleek dat $\rho = .372$, wat een relatief zwakke samenhang betekent. Daarnaast ondersteunt de $p = .129$ geen significante samenhang. Dit houdt dus in dat het toepassen van CVS in de computersimulatie niet samenhangt met de score van de leerlingen op de CVS posttest.

Discussie

In dit onderzoek is bekeken in hoeverre twee soorten instructies (namelijk een instructie in de CVS of domeinkennis) effect hadden op het begrip en toepassing van CVS en begrip van een domein. In dit geval was het domein de uitrekking van veren. Het effect van instructie werd gemeten aan de hand van een pre- en posttest voor zowel domeinkennis als voor CVS en een toepassing van CVS tijdens een simulatie op de computer.

De eerste hypothese stelde dat leerlingen in de CVS Instructie conditie net zo vaak systematisch experimenteren als leerlingen in de Domeinkennis Instructie conditie. Uit de resultaten is gebleken dat er geen significant verschil bestaat tussen de beide condities wat betreft het toepassen van systematische experimenten. De eerste hypothese wordt hierdoor dus aangenomen, wat betekent dat de leerlingen uit de beide condities even vaak systematisch experimenteren. De resultaten bevestigen het idee uit eerder onderzoek dat zowel instructie in CVS als instructie in een betreffende domein een positief effect heeft op het uitvoeren van een experiment (Chen & Klahr, 1999; Kuhn et al., 2000; Lazonder et al., 2010; Velthorst et al., 2011; Groof, 2012; Schneider, 2015; Rittle-Johnson et al., 2015). Dit wil zeggen dat een uitbreiding in kennis op het gebied van CVS en een domein ervoor zorgt dat leerlingen even systematisch experimenteren. Doordat eerder onderzoek heeft aangetoond dat de beide instructies positief bijdragen aan het (systematisch) experimenteren is het ook aannemelijk dat de leerlingen dit laten zien. Dit is gelijk aan wat de eerste hypothese in dit onderzoek verwacht.

Hypothese 2 stelde dat leerlingen in de CVS instructie conditie hoger scoren op de CVS posttest dan leerlingen in de Domeinkennis Instructie conditie. Met het significante verschil dat is aangetoond bij de leerwinst voor CVS kan aangenomen worden dat leerlingen uit de CVS Instructie conditie meer geleerd hebben over de CVS na ontvangst van instructie. Deze leerlingen lieten daarbij ook een hogere gemiddelde score op de CVS posttest zien. Ook hier geldt dat eerder onderzoek van Chen & Klahr (1999) heeft aangetoond dat leerlingen na ontvangst van instructie in CVS een verbeterd begrip hiervan laten zien. Hierdoor is het dus eveneens aannemelijk dat deze leerlingen een leerwinst en een hogere gemiddelde score lieten zien.

De derde hypothese stelde dat leerlingen in de CVS Instructie conditie gelijk scoren met leerlingen uit de Domeinkennis Instructie conditie op de Domeinkennis posttest. Hier werd ook geen significant verschil aangetoond in de leerwinst op de Domeinkennis testen tussen de beide condities. Leerlingen uit de beide condities scoren dus gelijk. Dit betekent dat de derde hypothese aangenomen wordt en dus zoals er verwacht werd, dat de leerlingen gelijk scoren wat betreft de score op de Domeinkennis posttest. Het aannemen van de derde hypothese, kan verklaard worden doordat de leerlingen uit de CVS instructie conditie meer kennis verkrijgen

over het domein waar onderzoek naar gedaan wordt, in dit geval dus de veren, door dus te experimenteren. Wat dus gelijk betekent dat de leerlingen meer begrip krijgen over het uitrekken van de veren en dus een goede score kunnen behalen op de Domeinkennis posttest. Daarnaast kon verwacht worden dat de leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie door instructie over het domein veren al meer leren over de dimensies van de veren en de invloed ervan op het uitrekken van een veer. Dit zou wellicht zelfs extra verhoogd kunnen worden na het uitvoeren van de simulatie, doordat er bepaalde veronderstellingen van de leerling bevestigd worden of dat de leerling nogmaals iets uit kan testen wat in eerste instantie nog niet geheel begrepen werd. Zodoende kunnen de leerlingen uit de CVS instructie conditie, na het kennis opdoen wat betreft de veren, een goede score behalen op de posttest. Dit geldt eveneens voor de leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie. Het enige verschil wat hierin aan te duiden is, is dat deze leerlingen voorkennis hadden over het domein veren, door instructie, alvorens de simulatie en deze kennis aan konden scherpen door de simulatie ten opzichte van de leerlingen uit de CVS instructie conditie die kennis konden verkrijgen over de veren door het experiment in de simulatie.

De vierde en laatste hypothese stelde dat het uitvoeren van systematische experimenten samenhangt met de score op de CVS posttest. Hiervoor werd geen significante samenhang gevonden tussen het toepassen van CVS in de computersimulatie ten opzichte van de score van de leerlingen op de CVS posttest. Dit betekent dus dat de toepassing van systematisch experimenteren niet samenhangt met een hoge score op de CVS posttest, waardoor de vierde hypothese verworpen wordt. Het verwerpen van de vierde en laatste hypothese, kan allereerst simpelweg uitgelegd worden doordat de hypothese uitging van een positief verband tussen het aantal systematische experimenten en een hoge score op de CVS posttest voor de beide condities. In deze hypothese werd dus geen onderscheid gemaakt tussen de beide condities, maar werden deze juist samengenomen. Hierdoor kan een afwijking in één van de beide condities van de verwachting er dus voor zorgen dat de hypothese verworpen wordt. Deze afwijking kan gevonden worden in de toepassing van de CVS en de score op de posttest in de Domeinkennis instructie conditie. In deze conditie is er sprake van een hoog percentage experimenten, maar geen hoge score op de posttest. Terwijl in de CVS instructie conditie de leerlingen wel een hoog percentage experimenten lieten zien in combinatie met een hoge score op de posttest. Helaas zijn de aantallen te klein om de correlaties voor elke conditie afzonderlijk te kunnen berekenen.

Hieraan bijdragend kan er wel sprake zijn van het toepassen van de CVS in de computersimulatie, maar wellicht nog onvoldoende begrip bestaat over wat wel of niet een goed systematisch experiment is en dit ook toe te kunnen passen door een onjuiste test dermate aan te passen dat het een juist experiment wordt. In de resultaten werd dit weergegeven doordat de

Domeinkennis instructie conditie de CVS wel toepast, maar geen hogere score heeft op de posttest en voor de CVS instructie conditie wel een toepassing van de CVS met een hogere score op de posttest. Om die reden wordt de CVS test door sommige onderzoekers als transfer test beschouwd.

Naast de verklaringen omtrent de hypothesen zijn er nog een aantal redenen die te maken hebben met de opzet en uitvoering van het onderzoek, of onverwachte situaties die tijdens het onderzoek naar voren kwamen waarop geen invloed mogelijk was.

Bij de opzet van het onderzoek kan het lage aantal leerlingen als terugkerend thema bijgedragen hebben. Door een laag aantal kunnen bijvoorbeeld extremere scores, zowel positief of negatief, het gemiddelde dermate beïnvloeden dat hierdoor een vertekend beeld ontstaat. Los daarvan staat dat de besproken onderzoeken die, ten grondslag liggen aan deze these, over de bootstrapping metafoor uitgevoerd zijn met volwassenen; of domeinkennis en kennis van de CVS elkaar wederzijds kunnen versterken bij een jongere doelgroep is niet bekend. Daarnaast hadden er eventueel afbeeldingen van de veren aan de Domeinkennis test toegevoegd moeten worden, omdat de verschillende kenmerken van een veer wellicht te moeilijke benamingen hebben. Dit kan eraan bijdragen dat een leerling niet precies begrijpt wat er met het kenmerk bedoeld wordt, terwijl deze wel het kenmerk en de invloed ervan kent.

Tijdens het uitvoeren van het onderzoek komt er naar voren dat de tijd waarop het onderzoek verricht werd onder meer van invloed is geweest op de resultaten van onder andere de CVS instructie conditie. In deze conditie werden de instructie, simulatie en de posttest als laatste aangeboden aan de leerlingen voordat de leerlingen naar huis mochten. Dit kan van invloed zijn geweest op de mate van aandacht die de leerlingen nog konden besteden aan de simulatie en de posttest. Toevoegend hieraan kan er sprake zijn geweest van leerlingen die minder goed aan het werk gingen dan andere leerlingen. Dit zou een vertekend beeld kunnen geven, want als alle leerlingen in een even hoge mate de simulatie en de posttest hadden uitgevoerd dan had een heel ander resultaat naar voren kunnen komen. Als laatste werkte de simulatie bij een aantal leerlingen niet zoals tijdens het testen van de simulatie. Dit zou eveneens bijgedragen kunnen hebben aan het vertekend beeld in het toepassen van de CVS, omdat de leerlingen hierdoor minder experimenten uit konden voeren, het vaker opnieuw moesten proberen, vroegtijdig stopten met de simulatie of waarvan de logfiles niet juist opgeslagen werden. Het is dus van belang dat de simulatie te allen tijde naar behoren werkt om te kunnen voorkomen dat daardoor een vertekend beeld kan ontstaan. Voor toekomstig onderzoek is het belangrijk om de bovengenoemde aspecten in overweging te nemen bij het uitvoeren van eenzelfde soort onderzoek. Zodoende geldt het volgende zowel voor toekomstig onderzoek als een advies aan het onderwijs wat betreft het onderwerp van dit onderzoek.

De instructie in de CVS zou uitgebreid kunnen worden, zodat alle leerlingen de mogelijkheid krijgen om de kennis over de CVS te verbeteren. Hierbij kan gedacht worden aan het uitbreiden van het aantal lessen en dit te verspreiden over een aantal weken. Het bestaande instructie format zal als basis gebruikt kunnen worden in het onderwijzen van de CVS. Echter wordt geadviseerd dit te verspreiden over meerdere dagen waarin theorie en toepassing centraal staan.

Interessant zou zijn om een verdieping in de CVS te onderzoeken waarbij onderscheid gemaakt wordt in begrip van de CVS en het daadwerkelijk correct toe kunnen passen van de CVS. Hierbij kan gedacht worden aan het kunnen onderscheiden van een juist en onjuist CVS experiment (Siler & Klahr, 2012), het correct kunnen veranderen van een onjuist experiment (zoals in de CVS pre- en posttest) en het toe kunnen passen in een onderzoek (met verschillende onderwerpen). Toepassing is hier dan voornamelijk de verdieping, omdat in dit onderzoek is aangetoond dat de leerlingen wel CVS toepassen, maar dat dit gemiddeld minder leek te zijn bij leerlingen in de CVS instructie conditie ten opzichte van de leerlingen uit de Domeinkennis instructie conditie. Dit is van belang voor het onderzoekend leren, omdat leerlingen zo in staat gesteld worden om te leren over het onderwerp van onderzoek.

Referenties

Berk, L (2012). *Child Development*. Ninth Edition: Pearson. ISBN 02050197663

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition of the control of variables strategy. *Child Development*, 70, 1098-1120. in Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223.

Dean Jr, D., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, 91(3), 384-397.

Groof, D. (2012). *Onderzoekend leren stimuleren. Effecten, maatregelen en principes*. Acco.

Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2002). Effects of domain knowledge, working memory capacity, and age on cognitive performance: An investigation of the knowledge-is-power hypothesis. *Cognitive psychology*, 44(4), 339-387.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667.

Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495-523.

Lazonder, A. W., Hagemans, M. G., & De Jong, T. (2010). Offering and discovering domain information in simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction*, 20(6), 511-520.

Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & van Lieburg, E. (2009). Unraveling the influence of domain knowledge during simulation-based inquiry learning. *Instructional Science*, 37(5), 437-451.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, 47(4), 474-496.

Penner, D. E., & Klahr, D. (1996). The Interaction of Domain-Specific Knowledge and Domain-General Discovery Strategies: A Study with Sinking Objects. *Child Development*, 67(6), 2709-2727.

Prion, S., & Haerling, K. A. (2014). Making sense of methods and measurement: Spearman-Rho ranked-order correlation coefficient. *Clinical Simulation in Nursing*, 10(10), 535-536.

Rittle-Johnson, B., Schneider, M., & Star, J. R. (2015). Not a one-way street: bidirectional relations between procedural and conceptual knowledge of mathematics. *Educational Psychology Review*, 27(4), 587-597.

Schneider, W. (2015). Effects of the Knowledge Base on Memory Development. In *Memory Development from Early Childhood Through Emerging Adulthood* (pp. 231-253). Springer International Publishing.

Siler, S. A., & Klahr, D. (2012). Detecting, Classifying, and Remediating: Children's Explicit and Implicit Misconceptions about Experimental Design.

Sim, J., & Wright, C. C. (2005). The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Physical therapy*, 85(3), 257-268.

Velthorst, G., Oosterheert, I., Brouwer, N., & en Techniek, W. (2011). Onderzoekend leren: de nieuwsgierigheid voorbij. *Tijdschrift voor Lerarenopleiders (VELON/VELOV)*, 32-38.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223.

Bijlagen

Bijlage 1: CVS instructie Format

Ik ga jullie vandaag iets vertellen over proefjes uitvoeren. Ik ga proberen om jullie daar iets over te leren zodat jullie dat na vandaag heel goed kunnen.

We gaan dit doen met een programma op de computer, en ik laat jullie dat op het grote bord zien. Het gaat om rollende voorwerpen, in dit geval ballen. Ik zal het programma even openen en dan kunnen jullie zien hoe het eruit ziet.

Zoals jullie zien staat links: 'Hoe ver rolt de bal?' Dit is de vraag waar we telkens antwoord op willen hebben. Hoe ver de bal zal rollen, zal van een aantal dingen afhangen. Proberen jullie eens te onderzoeken van welke 3 dingen dat kan afhangen (*klas laten vertellen en vervolgens per factor laten zien hoe je ze kunt instellen, zie hieronder*)

1. Ten eerste kan ik de laadbak op twee standen instellen. De laadbak kan omhoog staan (*laten zien*) en de laadbak kan omlaag staan (*laten zien*).
2. Ten tweede kan ik twee verschillende soorten ballen gebruiken. Er is een roze bal, die is zwaar (*laten zien*) en er is een blauwe bal, die is licht (*laten zien*). Zoals jullie zien staat dat er ook bij.
3. Ten derde kan ik de bal op twee verschillende plekken op de laadbak leggen. Ik kan de bal onderaan neerleggen (*laten zien*) en ik kan de bal bovenaan neerleggen (*laten zien*).

Vandaag gaan we tijdens dit lesje proberen te achterhalen hoe deze drie dingetjes van invloed zijn op hoe ver de bal rolt. De bal rolt namelijk in het ene geval verder dan in het andere geval. Met deze simulatie kunnen we bepalen of die dingetjes wat uitmaken voor hoever de bal rolt.

Laten we beginnen met een voorbeeldje, stel dat ik wil weten of het **soort bal** uitmaakt voor hoever deze rolt. Ik voer de volgende twee proefjes uit:

- Laadbak omlaag / zware bal / onderaan
- Laadbak omlaag / lichte bal / bovenaan

Kan ik nu met zekerheid zeggen dat het ligt aan de soort bal hoever deze rolt? Is dit een goede test om erachter te komen of het aan het soort bal ligt hoever deze rolt? (*aan de klas vragen*)

Discussie..

Antwoord: Nee, naast het soort bal is ook de plek waar de bal ligt veranderd, dit is niet eerlijk.

Later ingaan op hoe het wel had moeten!!

Jullie zien dus dat het vorige proefje niet eerlijk was. Ik probeer jullie nu uit te leggen hoe jullie eerlijk proefjes kunnen uitvoeren.

Als je een proefje wilt uitvoeren, moet je eerst bepalen waar je iets over wilt weten. Dit noemen we het **onderwerp of de vraag**. Bij dit programma kun je dus bijvoorbeeld iets willen weten over de soort bal zoals in het vorige voorbeeld. Je wilde weten of het aan de soort bal lag hoe ver hij rolde. Je moet dus eerst bepalen waarover jij wat wilt weten, welk onderwerp. Het is belangrijk om te weten dat je vraag telkens maar over 1 ding mag gaan, je kunt dus niet tegelijkertijd wat te weten te komen over het soort bal en de laadbak. Je moet telkens één ding kiezen, vragen die over 2 of meer dingetjes gaan zijn niet goed.

Nadat je hebt bepaald wat belangrijk is, en het onderwerp dus bekend is, ga jij een **waarde** voor die focus kiezen. Je kunt in het voorbeeld dus kiezen voor de zware bal of voor de lichte bal.

Als je dat allebei hebt gedaan, ga je voor de **overige dingetjes** ook een waarde kiezen, anders kan je het proefje niet doen. In het voorbeeld moet je voor de laadbak wat kiezen, of de laadbak staat omhoog of de laadbak staat omlaag. En je moet voor de plek wat kiezen, of de bal ligt onderaan in de laadbak of de bal ligt bovenaan in de laadbak. Deze overige dingetjes moet je bij de proefjes die je wilt vergelijken altijd hetzelfde houden.

Als je deze 3 stappen hebt gedaan, dus onderwerp / waarde / overige dingetjes, kun je het proefje uitvoeren door op start te drukken. Nadat je één zo'n proefje hebt gedaan, kan je nog niks zeggen over de soort bal, omdat je het nergens mee kan vergelijken. Je moet dus nog een proefje uitvoeren. Nou komt iets heel belangrijks, dus jullie moeten goed opletten. Bij het tweede proefje, mag alleen de waarde veranderen

van het ding wat je onderwerp was, de bal dus, de overige dingetjes moeten allemaal hetzelfde blijven.

Goed onthouden dus dat als je proefjes doet om ze met elkaar te vergelijken, je alleen de waarde mag veranderen van het onderwerp (wat je interesseert) en de overige dingetjes MOET je constant houden.

Kunnen jullie het tot zover begrijpen? *(anders ingaan op vragen van de klas)*

Dan zullen we nu gaan oefenen met wat ik jullie net geleerd hebt.

We zullen eerst nog even verder gaan op het soort bal.

Jullie weten dus nu als het goed is, hoe we het voorgaande proefje kunnen verbeteren.

Nogmaals, het proefje was:

- Laadbak omlaag / zware bal / onderaan
- Laadbak omlaag / lichte bal / bovenaan

Hoe moeten we dit nu verbeteren? *(klas laten reageren, weten ze het niet, nogmaals uitleggen)*

Juist, we moeten de plek waar de bal neer wordt gelegd hetzelfde houden.

1. Het eerste proefje zal dus zijn met de zware bal, met de laadbak omlaag en met de bal onderaan. Nu kan men de simulatie runnen en kijken hoever de bal komt.
2. Het tweede proefje zal zijn met de lichte bal, omdat dit het onderwerp is waar we wat over willen weten. Zoals net uitgelegd moet je de overige dingetjes hetzelfde houden, anders is het niet eerlijk. Dus ook hier kiezen we voor de laadbak omlaag en de bal onderaan.

Het proefje nu goed uitvoeren..

Wat kunnen jullie nu zeggen over het soort bal? Bij welk soort bal rolt hij verder, de zware of de lichte?
(Hoe zwaarder de bal, hoe verder hij rolt)

Nu vragen aan de klas welk ding ze nu willen onderzoeken, dus eigenlijk waar ze de focus opleggen. De leerlingen individueel in hun werkboekje de experimenten laten opschrijven en tekenen. Daarna bepaalde experimenten laten runnen, zodat kinderen hun antwoorden / uitkomsten ook op kunnen schrijven. De klas laten vertellen hoe alles moet worden ingesteld, en tussendoor op vragen ingaan en feedback geven. Je weet vooraf de volgorde niet, dus kan ik nog niet op papier zetten, wijst zich vanzelf.

Zorgen dat op het eind duidelijk is hoe de 3 dingen verband houden met wanneer de bal het verste rolt:

- Als de laadbak op de hoogste stand staat, zal de bal verder rollen dan als de laadbak op de laagste stand staat.
- Als de bal zwaarder is, zal de bal verder rollen dan als de bal licht is.
- Als de bal bovenaan wordt gelegd in de laadbak, zal de bal verder rollen dan als de bal onderaan in de laadbak wordt gelegd.

Achteraf nog een keer vragen of ze het begrepen hebben, en anders vragen beantwoorden!

Bijlage 2: Instructieformat Domeinkennisinstructie

- Verdeel de verschillende soorten veren evenredig over de leerlingen, zodat elke leerling de kans krijgt om alle veren minstens één keer bekeken te hebben.
- Activeer ondertussen de kinderen door bijvoorbeeld: “Kijk maar eens goed naar de veren!”, “Waarin verschillen ze volgens jullie?”.
- Laat de kinderen de verschillende veren oppakken en laat zelf ook zien wat een verschil kan zijn als de kinderen daar zelf nog niet op gekomen zijn.
- Wanneer de kinderen alle veren zo goed mogelijk bekeken hebben wordt het werkblad “veren” uitgereikt.

Instructie Werkblad Veren

- Deel per kind het Werkblad Veren uit
- Laat de kinderen twee- of drietallen vormen
- Zorg dat elk groepje alle soorten veren ter beschikking heeft
- Laat de kinderen overleggen
- Zorg dat elk kind een antwoord opschrijft op zijn/haar werkblad
- Zorg dat je een bord ter beschikking hebt waar je de antwoorden van de kinderen op kan schrijven als een soort woordweb. Bij het klassikaal bespreken van de antwoorden leg jij als instructeur de nadruk op de kenmerken die van belang zijn. Mochten de kinderen niet op één van de kenmerken komen, dan kan de instructeur door de kenmerken aan te wijzen of uit te beelden de kinderen aansporen om over dat kenmerk na te denken. Daarna kan dit kenmerk bij het woordweb opgenomen worden.
- Bij het antwoorden op de vragen is het belangrijk dat de kinderen sowieso de kenmerken benoemen die van belang zijn. Deze staan in de kolom “antwoord”. Alle andere antwoorden die de kinderen geven, maar die niet direct betrekking hebben op de kenmerken die van belang zijn kunnen erbij opgeschreven worden.

Antwoordmodel

Vraag	Antwoord
1	Dik, Dun, Kort, Lang, Elastisch, Stug, Niet-Elastisch, Breed, Smal
2	Bijvoorbeeld: De lange veer kan ik verder uitreiken dan de andere veren. (Alles omtrent hoe de kenmerk van de veer verschilt van een andere wat betreft rekbaarheid.
3	Bijvoorbeeld: Bij een pen, schokbreker voor een auto, onder het zadel van een fiets, een springstok. Alle voorbeelden mogelijk waarbij de kinderen het gebruik van een veer aangeven en eventueel ook uit kunnen leggen waarom.

Bijlage 3: Domeinkennis Instructie Werkblad

Werkblad Veren

Dit werkblad mogen jullie nu invullen! Kijk goed naar de veren, pak ze maar op en maak de vragen. Schrijf zoveel mogelijk op.

Opdracht 1

Schrijf de kenmerken op van de veren.

Opdracht 2

Wat is het verschil tussen de veren?

Opdracht 3

Waarvoor kunnen de veren gebruikt worden?

Bijlage 4: CVS-test Scoring & Instructies

Doel en opzet van de test

De CVS test is bedoeld om de vaardigheid in het systematisch experimenteren te meten. De test is een vrijwel letterlijke vertaling van de CVS-test uit de onderzoeken van Klahr (zie Chen & Klahr, 1999; Klahr, Chen, & Toth, 2001; Matlen & Klahr, in press; Strand-Carey & Klahr, 2008; Siler et al., 2009). Voor dit onderzoek is de CVS-test in tweeën gedeeld, namelijk een pre-test en een post-test. De pre-test bevat 5 vragen, waarvan de eerste vraag een voorbeeldvraag is die samen met de kinderen beoordeeld wordt. De CVS-test bestaat uit 9 items die betrekking hebben op 3 verschillende domeinen, namelijk limonade verkopen, plantengroei en vliegtuigjes. Per domein worden 3 vragen gesteld waarin steeds een vergelijking tussen 2 situaties moet worden beoordeeld. In 1 van die vragen is sprake van een systematisch experiment; in de andere 2 vragen is het experiment niet systematisch. Hierbij kan sprake zijn van 3 verschillende soorten fouten, die elk 2 keer voorkomen en random zijn verdeeld over de 3 domeinen. De fouten zijn: (1) er wordt behalve de doelvariabele nog 1 andere variabele veranderd, (2) er worden behalve de doelvariabele nog 2 andere variabelen veranderd, (3) er wordt 1 variabele veranderd, maar dat is niet de doelvariabele. Tabel 1 geeft een overzicht van de inhoud van de 9 items.

Tabel 1. Overzicht van de items uit de CVS-test

Item	Domein	Doelvariabele	Situatie 1	Situatie 2	Soort fout
1	Limonade	Tijdstip	Ochtend, Limonade, Meisje	Middag, IJsthee, meisje	(1)
2	Limonade	Soort drankje	Middag, Limonade, Jongen	Middag, IJsthee, boy	Geen
3	Limonade	Geslacht	Middag, IJsthee, Meisje	Ochtend, IJsthee, Meisje	(3)
4	Planten	Zonlicht	Veel zon, Weinig mest, Veel water	Weinig zon, Veel mest, Weinig water	(2)
5	Planten	Mest	Veel zon, Veel mest, Veel water	Veel zon, Weinig mest, Veel water	Geen
6	Planten	Water	Veel zon, Veel mest, Weinig water	Weinig zon, Veel mest, Veel water	(1)
7	Vliegtuigjes	Romp	Dikke romp, Korte vleugels, Kleine staart	Dunne romp, Korte vleugels, Kleine staart	Geen
8	Vliegtuigjes	Vleugels	Dunne romp, Korte vleugels, Kleine staart	Dikke romp, Lange vleugels, Grote staart	(2)
9	Vliegtuigjes	Staart	Dunne romp, Lange vleugels, Kleine staart	Dunne romp, Korte vleugels, Kleine staart	(3)

De goede antwoorden op de vragen worden getoond in Tabel 2

Tabel 2. *Antwoordsleutel CVS-test*

Item	Goede antwoord	Verbetering(en) om het een “goede test” te maken
1	Nee	Het soort drankje moet gelijk zijn
2	Ja	n.v.t.
3	Nee	Geslacht moet verschillend zijn én tijdstip van de dag moet gelijk zijn
4	Nee	Hoeveelheid mest moet gelijk zijn én hoeveelheid water moet gelijk zijn
5	Ja	n.v.t.
6	Nee	De hoeveelheid zonlicht moet gelijk zijn
7	Ja	n.v.t.
8	Nee	Vorm van de romp moet gelijk zijn én lengte van de staart moet gelijk zijn
9	Nee	Lengte van de vleugels moet gelijk zijn én lengte van de staart moet verschillend zijn

De test bevat een voorbeeldvraag die wordt gebruikt om de kinderen uit te leggen hoe het format van de test in elkaar zit en hoe ze de vragen moeten beantwoorden. Deze voorbeeldvraag komt uit een ander domein (slaapproblemen). Zie verder in de paragraaf “Instructies”.

Scoring

De antwoorden kunnen op 2 manieren worden gescoord. Bij een grofmazige scoring, die wordt gebruikt in de studies van David Klahr, moet een vraag helemaal goed zijn beantwoord, inclusief de eventuele verbetering(en). In dat geval wordt 1 punt gegeven. Dit leidt tot een maximale score van 9 punten. Bij een fijnmazige scoring wordt 1 punt gegeven per goed aangekruist antwoord (kolom 2 uit Tabel 2). Indien van toepassing worden voor de correcte verbetering(en) ook 1 punt gegeven (kolom 3 uit Tabel 2). Het totaal aantal punten komt hiermee op $9+6=15$ punten. Let op: als bij een vraag 2 verbeteringen nodig zijn, moeten beide verbeteringen correct zijn om 1 extra punt te verdienen; is slechts 1 correcte verbetering aangebracht dan wordt geen extra punt gegeven.

In het Engels: Story responses received one point if children correctly identified experiments as either consistent or inconsistent with CVS, and an additional point if they correctly modified incorrect experiments. All other responses were assigned a 0. Scores ranged from 0 to 15. (Bron: Matlen & Klahr, 2013).

Betrouwbaarheid en interne consistentie

Berekend met de voorttoetsscores van Angelique (N = 65).

Bij grofmazige codering: Cohen's $\kappa = .996$. Interne consistentie: Cronbach's $\alpha = .84$ (kan .85 worden als vraag 7 wordt verwijderd; heeft een lage item-rest correlatie van .208).

Bij fijnmazige codering: Cohen's $\kappa = .979$. Interne consistentie: Cronbach's $\alpha = .83$ (kan .84 worden als vraag 7 wordt verwijderd; heeft een lage item-rest correlatie van .179).

Bij berekening met natoets scores van Angelique (N = 67)

Grofmazige codering: Cohen's $\kappa = .997$. Interne consistentie: Cronbach's $\alpha = .86$. Kan niet verbeterd worden.

Fijnmazige codering: Cohen's $\kappa = .998$. Interne consistentie: Cronbach's $\alpha = .84$. Kan niet verbeterd worden.

Instructies

-(Indien mogelijk de voorbeeldvraag via het digibord laten zien)

-Voordat we beginnen; schrijf allemaal je naam onderaan de eerste bladzijde. En je leeftijd en of je een jongen of een meisje bent.

-We gaan nu de test maken. En om jullie een beetje te helpen, doen we de eerste vraag samen. Dan weet je een beetje hoe de vragen in elkaar zitten en hoe je antwoord moet geven. Kijk op de eerste bladzijde naar de vraag. En lees maar mee.

-(Eerste 3 zinnen voorlezen, kinderen laten meelesen)

-(Plaatjes bespreken): Henk gaat een paar dagen slapen met de gordijnen open, lampje aan en een kussen. Dat zie je in het linker plaatje. Elke ochtend schrijft hij op of hij goed heeft geslapen. Daarna gaat Henk een paar dagen slapen zoals in het rechter plaatje. Dus met de gordijnen open, zonder lampje en zonder kussen. Kijk maar even goed naar de plaatjes.

-Onder de plaatjes staat de vraag. (voorlezen). Als je denkt dat het een goede test is, dat Henk zo 100% zeker weet dat zijn kussen iets te maken heeft met of hij goed kan slapen, dan zet je een cirkel om het antwoord JA. Vind je het een slechte test, dan moet je het antwoord NEE omcirkelen. Maar let op, je mag bij elke vraag steeds maar 1 antwoord geven. Snappen jullie dat? Dan mag je nu jouw antwoord omcirkelen.

-Als je het antwoord JA hebt omcirkeld ben je klaar en kun je verder met de volgende vraag. Is jouw antwoord NEE, dan moet je ook aangeven hoe je de slechte test kunt verbeteren. Dat kun je doen door dingen in de plaatjes te veranderen. Als je bijvoorbeeld denkt dat de gordijnen dicht moeten, dan schrijf je dat in beide plaatjes erbij. Of als je vindt dat het lampje altijd aan moet, dan teken je in het rechter plaatje een lampje.

-Hebben jullie nog vragen? Nee? Dan kunnen jullie nu beginnen met de toets. Heel veel succes. En denk er aan: lees de vragen heel goed door en kijk goed naar de plaatjes.

Belangrijk: vertel niet wat het goede antwoord is. Vertel ook niet dat de test bedoeld is om de vaardigheid in systematisch experimenteren te meten, en evenmin hoe dit is behandeld tijdens de instructie en het doen van de proefjes met de simulatie.